氣候變遷之農業生產調適決策支援系統之建置

劉滄棽[1,3] 黃毓斌[1] 許伯任[2]

摘要

由於近年來氣候變遷與氣候異常使得極端氣候發生頻率逐漸升高，進而造成農業生產損失，導致嚴重威脅國家糧食安全。為獲得更多相關資訊，建置『農業生產調適決策支援系統』，整合了土壤資料、氣候資料以及相關環境空間資訊等資料庫，結合氣候變遷下水稻及蟲害推估模式。

本系統研究方法係利用 ORYZA2000 (水稻) 及 CLIMEX (病蟲害) 作為推估模式，用模擬不同類型之極端氣候發生時，台灣地區的水稻生產產量變化以及病蟲害發生風險之空間分布，並透過決策支援系統之 GIS 空間資訊查詢展示功能，以視覺化圖像介面，呈現評估結果。

農業生產調適決策支援系統以網際網路地理資訊系統 (Web GIS) 為基礎，建置為空間資料查詢展示系統，並將土壤資料、氣候資料以及環境空間資訊等資料，建置成能運用在農業生產與糧食調適作業之空間資料庫，以透過地圖方式來呈現環境空間資料，並提供土壤資訊、氣候資訊及水利資訊等多樣化的空間資料查詢統計功能。

關鍵詞：氣候變遷、網際網路地理資訊系統、ORYZA2000、CLIMEX。

前言

氣候變遷與氣候異常所造成的全球年平均氣溫上升，極端氣候發生頻率增加，例如臺灣地區颱風強度與其降水量增大，經常造成農業生產損失並嚴重威脅國家糧食安全。為實現農業永續經營與長期糧食安全等戰略目標，在因應氣候變遷與糧食安全議題，需要一個可用於新興作物的自然條件適栽評估、農田基盤改良優先順序、水資源調配等完整提供決策支援資訊，使國家有系統且精密的建立因應氣候變遷調適農業生產配置之策略。

近年來，氣候變遷與氣候異常使得極端氣候發生頻率大幅增加，經常造成農業生產損失並嚴重威脅國家糧食安全，因此，為實現農業永續經營與長期糧食安全等戰略目標，希望整合土壤資料、氣候資料以及相關環境空間資訊等資料庫來發展『農業生產調適決策支援系統』，以掌握現今糧食、蔬菜作物主要生產區域，並利用氣象觀測與模擬資料，結合水稻生產及病蟲害推估模式，評估各作物種植區域在異常天候系統

1 行政院農業委員會農業試驗所。

2 宸訊科技股份有限公司-GIS 分析師。

3 通訊作者 電子信箱：tsliu@tari.gov.tw；電話：04-23317426。

下可能的損害風險，冀望預先研擬對策以降低產業損失。

系統規劃主軸以三大項目為主，分別是「資料彙整」、「推估模式發展」以及「生產調適決策支援系統擴充與應用」，農業生產調適決策支援系統之建置為四年期計畫，發展目標與全程規劃如下圖所示 (圖 1)。

一、資料彙整

在系統資料彙整方面，目前仍然有許多資訊尚未收集，包含如人口密度、病蟲害分布、氣候資料的介接等，都是能夠再擴增目前資料庫的內容，以提供未來推估模式在地化作準備。因此，在計畫的前三年，將透過和各領域研究人員的配合，持續的收集相關資料。

二、推估模式發展

至 103 年度預計將計畫所收集的資料，提供研究人員下載需要的數據資料。若採用 ORYZA2000 或是 CLIMEX 的方式進行作物或蟲害的生長模擬分析時，則可透過自動化方式，系統主動地將資料整理成符合這兩種程式的格式，減少整理資料的時間進而能夠花更多的時間在模式的建構上，此外也提供將分析的成果上傳至本系統中，以空間的方式呈現其研究成果並提供出圖與統計的應用。利用互相運用與資源共享的方式，使系統能夠更有效的收集各種作物模擬的參數作為決策參考的資料來源。

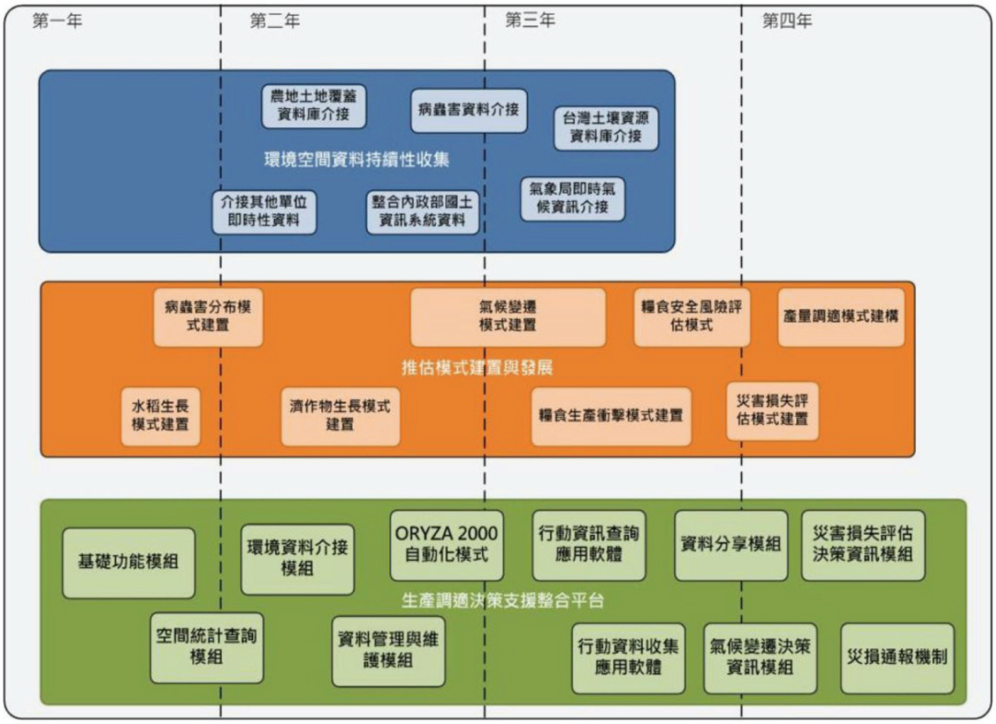


圖 1. 全程規劃示意圖

Fig. 1. Diagram of master plan.

三、生產調適決策支援系統擴充與應用

生產調適決策支援系統，其主要的目標在於資料的彙整、呈現與查詢的基礎驗證其可行性，未來則建議朝向決策支援整合平台的概念作為發展標的。以資料自動化的彙整、各式查詢與分析模式的建立、模式自動化模組功能以及行動查詢與調查工具做為發展的項目。

行動調查與查詢工具，則是能夠利用各種智慧型行動裝置，利用網際網路在災害安全風險值到相關警戒值時，變通知相關人員以達到預警的效果。隨著各式模式的建立與研究分析的彙整，生產調適決策支援平台，將會有許多豐富的資料，這些資料能夠透過建構標準化的資料介接與交換機制，讓其他單位或研究人員能夠更便利的取用，降低相關研究發展的門檻。

計畫資料與研究方法

一、計畫資料

本計畫資料整合了氣候變遷下於農業生產調適評估時所需使用的各種環境空間資料，如：地形圖、地段圖、衛星影像、長期氣候統計、農地土地覆蓋圖、土壤肥力及土壤物理特性等環境空間圖層資料，本計畫所彙整的空間圖層資料其資料來源、內容概述及資料格式分別如下表所示 (表 1)。

二、研究方法

本計畫研究方法主要利用 ORYZA2000(水稻)及 CLIMEX(病蟲害)推估模式，結合氣候資料庫模擬不同類型之極端氣候發生時，台灣地區的水稻生產產量變化以及病蟲害發生風險之空間分布，並透過決策支援系統之 GIS 空間資訊查詢展示功能，以視覺化圖像介面，呈現評估結果 (圖 2)。

1. ORYZA2000

ORYZA 2000 為目前國際上常用的水稻推估模型之一。其整合了潛在產量模型 ORYZA1(Kropff et al. 1994a)、水分限制模型 ORYZA W 和氮素限制模型 ORYZA N，可以用於模擬潛在生產、水分限制生產及氮素限制生產條件下的水稻生長發育與產量形成和水分平衡過程，目前已引入到中國、日本等地應用，能模擬不同灌溉方式、土壤滲透性與不同地下水位深對水稻產量、水分平衡、灌水量、水分生產率及優化灌溉決策等背景分析研究。包括在水分平衡和氮素平衡條件下，模擬水稻生物量、產量、氮素平衡以及田間水分平衡，以及利用 IPCC SRES(排放情境特別報告)的 A2（Regional Growth Scenario，區域經濟發展）和 B2（Increasing Population Scenario，區域環境保護）方案模擬 2011-2050 年間之水稻生預期、產量、需水量之階段變化，包括氣候趨暖以及 CO_2 濃度升高等影響。

表 1. 環境空間資料庫一覽表

Table 1. List of environmental spatial database.

環境資料名稱	權責單位	格式/精度/坐標	內容概述
交通路網數值地圖	交通部運輸研究所	向量 1/5000 TWD97	包括道路節點、行政區界、河流湖泊、鐵路捷運、地標地物另將改制前之臺北、臺中、高雄、基隆、新竹、嘉義及臺南等 7 大都市之重要幹道，由單線擴充為雙線或多線資料
地形圖	ASTER GDEM 中研院	GeoTiff 30 米 WGS84	中研院 GIS 中心將臺灣本島及澎湖的區域拼接成單一圖幅供使用者下載
台灣河流圖	水利署	向量 1/5000 TWD97	包含中央管河川、縣市管河川、野溪、湖泊水體等
農地地段分布圖	農糧署	向量 1/5000 TWD97	全台灣地段(大段、小段)之邊界圖，附帶段名與標準編碼屬性
衛星遙測影像		GeoTiff 次米級 WGS84	包括 SPOT 多光譜衛星影像 LandSAT 多光譜衛星影像
長期氣候統計圖	農試所	向量 1/5000 TWD97	溫度（最高溫、最低溫、均溫）、累積雨量、日照輻射量與相對濕度資訊。所有主題均需提供 12 個月份及全年度分布，共 78 張主題圖。
土壤肥力圖	農試所	向量 1/5000 TWD97	地面 250 公尺×250 公尺密度之全台土壤肥力採樣分析成果，至少 12 萬點以上之網格資料，包括：土壤 pH、土壤有機質、鹽酸抽出銅、鋅、錳、鐵、鎘、鉻、鎳、鉛，孟立克三號抽出磷、鉀、鈣、鎂、硼、銅、鐵、錳、鋅，醋酸銨抽出鈣、鎂、鈉、鉀、鐵、錳及鈣鎂比、陽離子交換率等。土壤調查則包括：母質種類、土壤特性、土壤型態、排水等級、坡度、石灰性、表土酸鹼性、第一至四層質地、土系中英文名、所屬管理組等。
土壤特性圖	農試所	向量 1/5000 TWD97	以面(polygon)向量式資料儲存全台土壤特性調查資料，每一面圖徵需附帶調查屬性包括：土層、母質、構造分級，大小與型態、體積密度與多孔性等。
農地土地覆蓋圖	農試所	向量 1/5000 TWD97	
颱風事件累積雨量圖	中央氣象局	GeoTiff 500 公尺 WGS84	由 2006-2011 年之氣象測站觀測資料，完成 1971-2011 年間颱風事件累積雨量面化圖(警報發布期間)，產出面化資料網格大小為 500 公尺。
各縣市淹水潛勢圖	水利署	向量 1/5000 TWD97	各縣市淹水潛勢(包括每日降雨強度 100-600mm 不同降雨強度等級之全台淹水潛勢分布圖，並且具備淹水高度資訊)地圖

本系統需先將 ORYZA 2000 模式所需要的氣候空間資訊，包含：每日溫度 (高、低及均溫)、雨量、相對濕度、日照輻射、風速、降雨量等資訊，建置一個空間精度為 500 公尺的網格空間資料，作為模式推估的基礎。此外配合專家進行生長模式研究推估作業，提供需要的資訊與資料格式，利用在地化水稻生長參數，結合長期統計氣候資料庫，粹取出 12 種台灣地區的極端氣候，作為模擬分析情境，並將結果以視覺化的方式彙整於生產決策支援系統 (圖 3)。

2. CLIMEX

DYMEX 為澳洲 CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) 組織所發展的生態變遷模型模擬軟體與生物體人口動態模型建構軟體 (Maywald et al.2007)，CSIRO 原先是由澳洲政府於 1926 年成立的 CSIR (Council for Scientific and Industrial Research) 機構演變而成，在許多領域上進行科學研究與發展。其中 CLIMEX 是一套以氣候條件為主要因子，能透過設定相關物種生長氣候影響因子包括合適生長的高低溫、降雨量、月份以及世代參數，結合地理空間資訊，來模擬生物的分布情況，並進行分布預測。

在計畫中需先將蟲害發生記錄資訊，以地理資訊軟體所提供的空間分布模式，繪製相關發生機率面化圖資，並結合長期氣候資料，粹取出 CLIMEX 所需要的空間資訊進行蟲害分布模式的建立。並依據此推估模式，模擬台灣地區 12 種極端氣候各蟲害分布的情況，並將結果以視覺化的方式彙整於生產決策支援系統，提供使用者查詢瀏覽之用 (圖 4)。

農業生產調適決策支援系統

本系統主要以網際網路地理資訊系統 (Web GIS) 為基礎，建置一個空間資料查詢展示系統，系統設計上以地圖為主要呈現資訊，在介面上則是將地圖控制工具、系統功能放置於地圖角落，目的在於取得最大的地圖呈現。在地圖介面上，也可以看到基本的地圖資訊，包含比例尺、指北針，提供使用者基本的地圖空間概念。主要的功能

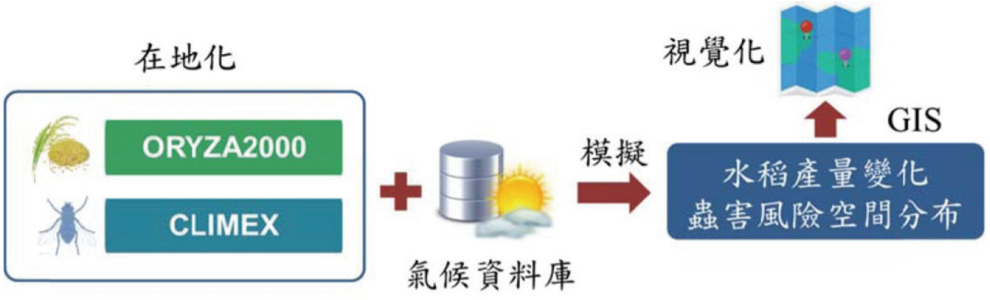


圖 2. 研究方法流程圖

Fig. 2. Flowchart of research method

架構包含了地圖控制模組、圖層控制模組、地圖定位模組、資料統計模組及模式推估整合模組(圖 5)。

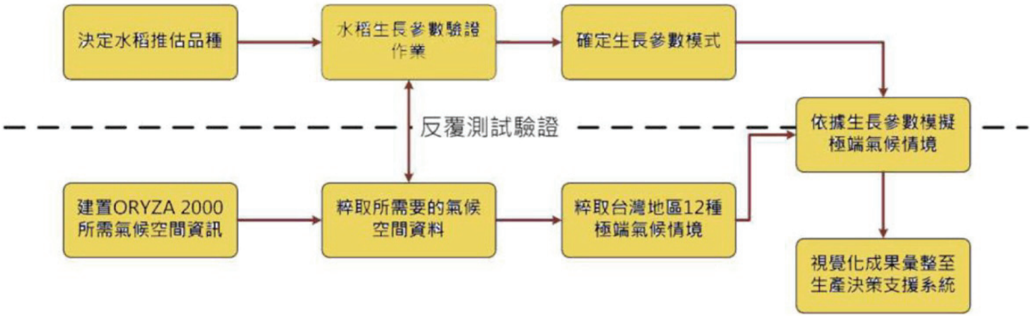


圖 3. ORYZA 2000 模式驗證流程

Fig. 3. Validation process for ORYZA 2000 model

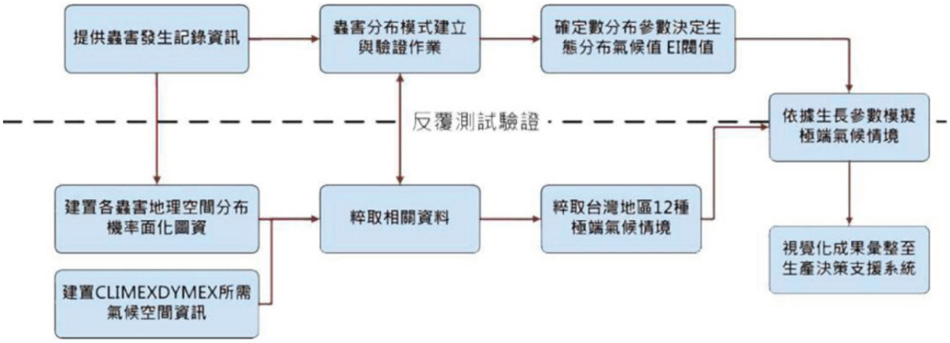


圖 4. CLIMEX 模式驗證流程

Fig. 4. Validation process for CLIMEX model.

圖 5. 系統介面

Fig. 5. System Interface

一、地圖控制模組

地圖控制模組，主要做用為提供使用者進行地圖操作使用，為 GIS 系統最基本的功能，地圖控制包含了地圖放大、縮小、平移、底圖切換及點空間查詢等功能。另外，也提供各比例尺快速縮放功能，讓使用者能夠很快速的切換地圖比例尺 (圖 6)。

二、圖層控制模組

生產調適決策系統的圖層控制模組是一個整合式的面板，使用者在點擊後，系統會在地圖頁面上開啟圖層控制面板，呈現樹狀的選單，以樹狀的分類方式呈現所有的圖層資料，此整合式的面板提供圖例查詢及圖層透明度的控制功能，使用者能快速套疊不同圖層資料，並透過透明度調整取得所需資訊(圖 7、8)。

三、地圖定位模組

地圖定位模組則是讓使用者能夠快速的找到想要瀏覽的位置，地位工具包含了座標、行政區地段、圖幅框以及道路定位 (圖 9)。

四、資料統計模組

資料統計模組，主要是提供使用者利用空間的方式，將生產調適決策資料庫，所蘊含的豐富資料，以統計的方式呈現資訊。系統在介面設計上，系統會依據不同的資料類別，提供不同資料顯示方式。以氣候資料為例，使用者選擇想要查詢的空間區域後，系統會列出氣候資訊能夠進行篩選的資料，包含最低溫、最高溫、均溫、降雨量等資訊 (圖 10、11)。

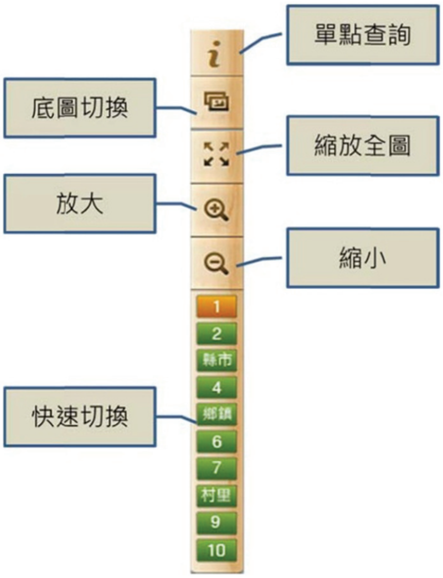


圖 6. 地圖控制列。

Fig. 6. Map control bar.

圖 7. 圖層快速套疊。

Fig. 7. Map overlay.

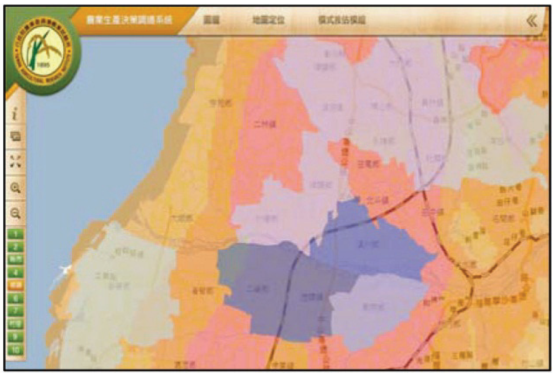


圖 8. 透明度調整。

Fig. 8. Transparency Adjustment.

五、模式推估整合模組

推估模式整合模組的部分則是將水稻生產模式(ORYZA2000)與蟲害分布模式(CLIMEX)的成果資料進行彙整，將推估模擬結果，利用 GIS 進行空間化展示，提供使用者透過動態的方式呈現變化情況瀏覽。

1. ORYZA2000

提供使用者可設定模擬的水稻類型及年份，系統將進行動態模擬各種氣候變化下的水稻產量結果 (圖 12、13)。

2. CLIMEX

提供使用者可設定模擬的蟲害類型及年份，系統將進行各種氣候變化下的蟲害分布空間變化 (圖 14、15)。

圖 9. 地圖定位模組。

Fig. 9. Map Positioning Modules.

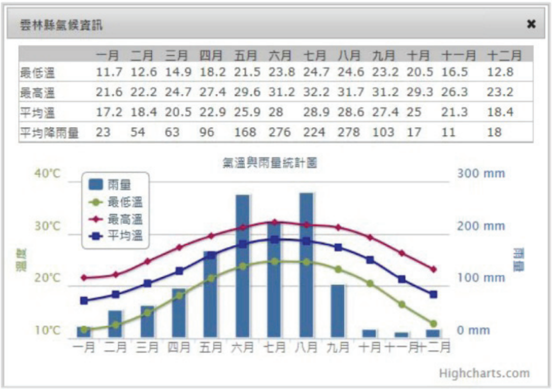
雲林縣土壤資訊

CEC HCL M3 NH4 OM PH

	第1層	第2層	第3層	第4層	第5層	第6層
FE	608.9	493.3	335.9	0	0	0
MN	137.5	133.4	117.5	0	0	0
CU	6.9	5.7	3.9	0	0	0
ZN	9.4	7.6	5.5	0	0	0
CD	0.2	0.2	0.2	0	0	0
CR	0.4	0.4	0.3	0	0	0
NI	2	1.8	1.5	0	0	0
PB	5.8	5.2	4.1	0	0	0

圖 10. 土壤資訊統計。

Fig. 10. Soil statistics.



雲林縣氣候資訊

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
最低溫	11.7	12.6	14.9	18.2	21.5	23.8	24.7	24.6	23.2	20.5	16.5	12.8
最高溫	21.6	22.2	24.7	27.4	29.6	31.2	32.2	31.7	31.2	29.3	26.3	23.2
平均溫	17.2	18.4	20.5	22.9	25.9	28	28.9	28.6	27.4	25	21.3	18.4
平均降雨量	23	54	63	96	168	276	224	278	103	17	11	18

圖 11. 氣候統計。

Fig. 11. Climate statistics.

圖 12. 水稻生長模擬-設定。

Fig. 12. The growth simulation of Paddy- setting.

圖 13. 水稻生長模擬

Fig. 13. The growth simulation of Paddy.

圖 14. 蟲害分布模擬-設定

Fig. 14. Pest distributed simulation-setting.

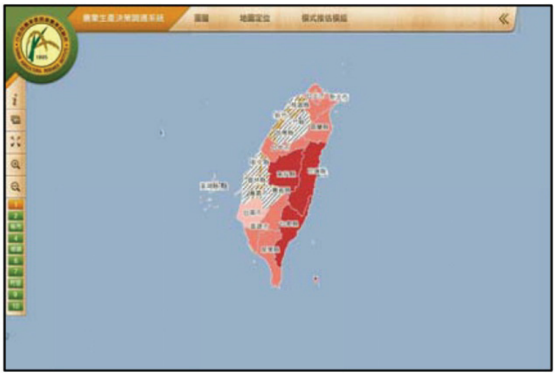


圖 15. 蟲害分布模擬。

Fig. 15. Pest distributed simulation.

結論

隨著全球暖化所引起的氣候變遷，對農業生產和生態的衝擊越趨顯著，為了增加農業對於氣候變遷的應變能力，本系統彙整各式農業相關空間環境資料，並將其建置為多面向的農業環境空間資料庫，透過 GIS 的空間視覺化，使用者能快速有效的取得所需之決策資訊。此外，結合本系統已建置之氣候變遷下水稻及病蟲害推估模式及長期氣候資料庫，並與現有實證資料進行相互驗證，系統能模擬氣候變遷下糧食產量及蟲害分布之變化，藉以評估異常天候系統下可能的損害風險，提供決策者能預先研擬因應對策以降低產業損失。

引用文獻

Kropff, M. J., H. H. van Laar, R. B. Matthews 1994a. ORYZA1: an ecophysiological model for irrigated rice production. SARP Research Proceedings. Wageningen (The Netherlands): DLO. p 110.

Maywald, G.F., W. Bottomley and R.W. Sutherst, 2007, *Dymex Model Simulator: User's Guide*, CSIRO: Australia.

Developing a Decision Supporting System on Agricultural Production for Coping with Climate Change

Tsang-Sen Liu [1,3] Yu-Bin Huang [1] Po-Jen Hsu [2]

Abstract

In recent years, due to climate change and climate anomalies gradually increased so that the frequency of occurrence of extreme weather, which causes the loss of agricultural production, leading to a serious threat to national food security. In order to get more information of this problem, build "adaptation decision support system for agricultural production", the integration of soil data, weather data, and other information related environmental spatial information database, combined with rice and pests under climate change estimation model.

This system use ORYZA2000 (rice) and CLIMEX (pest) as estimation model with the simulation of different types of extreme weather occurs , the yield of paddy production in Taiwan as well as the risk of pests and diseases spatial distribution and, through decision support system the GIS spatial query display function, interface to visualize the image, showing the evaluation results.

Internet Geographic Information Systems (Web GIS) is the engine of “Adaptation decision support system”, based build system for the display of spatial data query, data and soil , climate and environmental spatial information data and other information , can be used in agriculture to build a spatial database operations of production and food adapted. This system can inquired through the map to present environmental spatial data and information , such as climate, water information and other information on a variety of spatial data statistics.

Keywords: Climate Change, Internet Geographic Information Systems, ORYZA2000, CLIMEX.

---

1 Agricultural Chemistry Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.

2 Environmental Management Consultants Technologies Inc.

3 Corresponding Author, Email: tsliu@tari.gov.tw; Tel: 04-23317426.